

Method for applying a diamond-like carbon coating on steel, iron or alloys thereof.

Publication number: DE69303148T

Publication date: 1997-01-23

Inventor: DEKEMPENEER ERIK HENDRIK ADOLF (BE);
SMEETS JOZEF JOANNES (BE); MENEVE JAN
LODEWIJK (BE)

Applicant: VITO (BE)

Classification:

- International: C23C16/02; C23C16/26; C23C16/02; C23C16/26;
(IPC1-7): C23C16/32; C23C16/26

- European: C23C16/02; C23C16/26

Application number: DE19936003148T 19931119

Priority number(s): BE19920001056 19921202

Also published as:

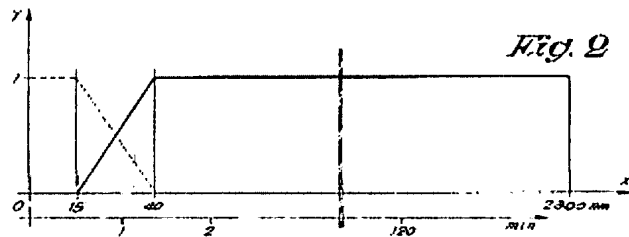
EP0600533 (A1)
BE1006711 (A)
EP0600533 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for DE69303148T

Abstract of corresponding document: **EP0600533**

Method for applying an amorphous, diamond-like carbon coating on steel, iron or alloys thereof by means of a thin-film technique, characterized in that an intermediate silicon film is first applied on the steel, the iron or the alloy thereof by means of thin-film technique before the carbon coating is applied.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧⑦ EP 0 600 533 B1

⑩ DE 693 03 148 T 2

⑤① Int. Cl.⁶:
C 23 C 16/32
C 23 C 16/26

②① Deutsches Aktenzeichen:	693 03 148.4
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen:	93 203 248.5
⑧⑥ Europäischer Anmeldetag:	19. 11. 93
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA:	8. 6. 94
⑧⑦ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	12. 6. 96
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	23. 1. 97

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
02.12.92 BE 9201056

⑦③ Patentinhaber:
Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek,
afgekort V.I.T.O., Mol, BE

⑦④ Vertreter:
Türk, Gille, Hrabal, Leifert, 40593 Düsseldorf

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
BE, DE, FR, GB, IT, LU, NL

⑦② Erfinder:
Dekempeneer, Erik Hendrik Adolf, B-2110
Wijnegem, BE; Smeets, Jozef Joannes, B-2140
Borgerhout, BE; Meneve, Jan Lodewijk, B-9070
Wachtebeke, BE

⑤④ Verfahren zur Beschichtung von Stahl, Eisen oder ihren Legierungen mit diamant-artigem Kohlenstoff

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 03 148 T 2

Verfahren zur Beschichtung von Stahl, Eisen oder ihren Legierungen mit diamantartigem Kohlenstoff.

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anbringen einer amorphen diamantartigen Kohlenstoffbeschichtung, die optionsweise bis zu maximal 50 Atomprozent metallische oder nichtmetallische Elemente umfassen kann, auf Stahl, Eisen oder ihren Legierungen, mittels einer Dünnschicht-
10 technik bei einer Temperatur unter 350°C.

Amorpher, diamantartiger Kohlenstoff, in der Literatur auch bekannt als a-C oder a-C:H, ist ein Material, dessen Eigenschaften den außergewöhnlichen Eigenschaften von
15 Diamant vergleichbar sind. Beschichtungen mit diesem Kohlenstofftyp sind sehr hart, chemisch inert, haben einen sehr geringen Reibungskoeffizienten und sind unter Infrarot optisch transparent.

- 20 Weitere Details bezüglich der Eigenschaften und Herstellungstechniken diamantartiger Kohlenstoffschichten oder -beschichtungen sind in der Literatur zu finden, unter anderem von E.H.A. Dekempeneer et al., in "Thin Solid Films" 217 (1992) 56-61" und Y. Catherine, in "Diamond
25 and Diamond-Like Films and Coatings", R.E. Clausing, L.L. Horton, J.C. Angus und P. Koidl (Herausgeber), NATO ASI Series B 266 (1991) 193-228. In beschränktem Maß können den Beschichtungen andere Elemente zugesetzt werden. Typische Beispiele hierfür sind silikonlegierte Kohlenstoffbeschichtungen,
30 a-Si_{1-x}C_x:H genannt, wobei x größer als 0,6 und kleiner beziehungsweise gleich 1 ist, die ähnliche Eigenschaften haben wie die reinen, diamantartigen Kohlenstoffbeschichtungen, jedoch unter anderem bessere Reibungseigenschaften unter Feuchtbedingungen,
35 wie von J. Meneve et al. in "Diamond and Related Materials" 1 (1992) 553-557 beschrieben.

Als verwendete Dünnschichttechnik kann plasma-unterstütztes chemisches Aufdampfen (PACVD) bei einer Temperatur unter 350°C genannt werden, wobei ein kohlenwasserstoffhaltiger Dampf, beispielsweise eine
5 Mischung CH_4/H_2 unter niedrigem Druck, beispielsweise 10 Pa, in ein Plasma zerlegt wird, und wobei die so gebildeten Komponenten sich in Form einer festen Beschichtung an einer Elektrode des Entladungsraums, auf
10 welche eine negative Vorspannung, beispielsweise zwischen 100 und 500 V, angelegt wird, niederschlagen.

Diamantartige Kohlenstoffbeschichtungen haben normalerweise hohe innere Druckspannungen, wodurch die Haftung auf vielen Untergründen oft viel zu wünschen läßt.

15 Das Anbringen einer amorphen, diamantartigen Kohlenstoffbeschichtung auf einer metallischen, magnetischen Beschichtung beziehungsweise einem keramischen Dichtungselement mittels solcher Dünnschichttechniken ist unter
20 anderem in US-A-4 647 494 und DE-A-3 832 692 beschrieben. Aus diesen geht hervor, daß die Haftung der Kohlenstoffbeschichtung auf solchen Untergründen und anderen Metallen viel zu wünschen läßt. Stahl oder Eisen oder deren Legierungen werden hier nicht erwähnt.

25 Weiterhin ist bekannt, daß von diamantartigem Kohlenstoff erwartet werden kann, daß dieser gut an karbidbildenden Untergründen wie etwa Stahl, Eisen oder ihren Legierungen haftet (A. Grill, V. Patel und B.S. Meyerson, in
30 "Applications of Diamond Films and Related Materials", Y. Tzeng, M. Yoshikawa, M. Murakawa, A. Feldman (Herausgeber), Elsevier Science Publishers B.V. 1991).

35 Die Erfindung zielt auf ein Verfahren zum Anbringen einer amorphen diamantartigen Kohlenstoffbeschichtung auf Stahl, Eisen oder einer Legierung hiervon, das eine noch

bessere Haftung der Kohlenstoffbeschichtung garantiert.

5 Zu diesem Zweck wird vor dem Anbringen der Kohlenstoffbeschichtung zuerst eine Silikon-Zwischenschicht auf dem Stahl, dem Eisen oder deren Legierung mittels Dünnschichttechnik bei einer Temperatur unter 350°C aufgebracht, und darauf wird mittels einer Dünnschichttechnik bei einer Temperatur unter 350°C eine graduelle $\alpha\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ - Übergangsbeschichtung gebildet.

10 Das Anwenden einer Silikon-Zwischenschicht ist als solches aus besagten Patenten US-A-4 647 494 und DE-A-3 832 692 bekannt. Beide Dokumente beschreiben, wie die Verwendung einer Silikon-Zwischenschicht es
15 ermöglicht, die Haftung der Kohlenstoffbeschichtung auf den Untergründen bedeutend zu verbessern. Gemäß Patent US-A-4 647 494 wird eine Silikonschicht, die so dünn wie möglich ist (dünner als 10 nm) auf der metallischen magnetischen Beschichtung aufgebracht, und anschließend
20 die Kohlenstoffbeschichtung mit abrupten Kontaktflächen zwischen der Silikonschicht und dem Untergrund einerseits und der Silikonschicht und der Kohlenstoffbeschichtung andererseits. Es gibt jedoch keinen Grund, eine solche Zwischenschicht bei Untergründen aus Stahl, Eisen und
25 deren Legierungen auszuprobieren. Es ist somit sehr überraschend, daß auch bei den letzteren, karbidbildenden Untergründen durch Anbringen einer Silikon-Zwischenschicht eine bedeutend bessere Haftung erzielt wird, und somit durch das Bilden von Siliciden mit dem Untergrund,
30 entgegengesetzt zu den oben erwähnten Vorhersagen in diesbezüglichen Texten (A. Grill et al.). Insbesondere wurde festgestellt, daß durch das Hinzufügen einer graduell übergehenden Schicht zwischen der Silikon-Zwischenschicht und der Kohlenstoffbeschichtung die
35 Haftung weiter verbessert werden kann. Dies ist offensichtlich bei relativ dicken, diamantartigen

Kohlenstoffbeschichtungen (2 Mikrometer und mehr).

- Das Anbringen von diamantartigen Kohlenstoffschichten mit einer Silikon-Zwischenschicht ist auch in Patent 5 EP-A-0 411 298 und in "APPLIED PHYSICS LETTERS", Teil 58, Nr. 4, 1991, Seite 358-360, beschrieben, jedoch sind in diesen Fällen nicht amorphe, sondern polykristalline diamantartige Kohlenstoffbeschichtungen betroffen, die bei hohen Temperaturen, normalerweise höher als 600°C, 10 aufgebracht werden. Die Silikon-Zwischenschicht zielt unter anderem auf eine Kompensation des thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem Untergrund und der Diamantschicht. Beim Anbringen amorpher, diamantartiger Kohlenstoffbeschichtungen in Übereinstimmung mit der 15 Patentanmeldung ist dieser Ausdehnungskoeffizient nicht wichtig, da diese Beschichtungen bei bedeutend niedrigeren Temperaturen, nämlich unter 350°C, aufgebracht werden.
- 20 Gemäß einer speziellen Ausführungsform der Erfindung wird eine Silikon-Zwischenschicht mit einer Dicke zwischen 10 und 50 nm aufgebracht.
- 25 Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die Silikon-Zwischenschicht und die Übergangsbeschichtung mittels plasma-unterstützten Aufdampfens aufgebracht.
- 30 Diese Ausführungsform ist äußerst geeignet zur Bildung der Silikon-Zwischenschicht und der Kohlenstoffbeschichtung in ein und demselben Reaktor. Die Silikonphase kann beispielsweise aus Silan und die Kohlenstoffphase aus Methan gebildet werden.
- 35 Bei den bekannten Verfahren (siehe US-A-4 647 494) ist dieser Übergang relativ abrupt. Dank des graduellen

Übergangs wird überraschenderweise eine noch bessere Haftung der Kohlenstoffbeschichtung erreicht, auch bei Dicken über 2 Mikrometer (Mikron), da sich die Druckspannung in der Kohlenstoffbeschichtung zur Kontaktfläche hin allmählich verringert.

Praktischerweise wird eine Übergangsbeschichtung aufgebracht, die zwischen 10 und 100 nm dick ist.

Die diamantartige Kohlenstoffbeschichtung kann eine harte, reine Kohlenstoffbeschichtung sein. Es können jedoch eventuell Elemente metallischer und nichtmetallischer Natur bis zu einer Atomkonzentration $< 50\%$ zugesetzt werden.

Andere Besonderheiten und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung eines Verfahrens zum Anbringen einer diamantartigen Kohlenstoffbeschichtung auf Stahl, Eisen oder einer Legierung hiervon gemäß der Erfindung deutlich. Diese Beschreibung wird nur als Beispiel gegeben und beschränkt die Erfindung keineswegs. Besagte Beschreibung bezieht sich auf die begleitenden Zeichnungen, worin:

Figur 1 ein Diagramm der Atomanteile von Silikon und Kohlenstoff in Funktion der Ablagerungszeit darstellt;

Figur 2 ein Diagramm analog dem in Figur 1 der Atomanteile von Silikon und Kohlenstoff in Funktion der Ablagerungszeit darstellt, jedoch auch in Funktion des Abstandes zum Untergrund und in Bezug auf eine andere Ausführungsform der Erfindung;

Zum Anbringen einer amorphen, diamantartigen Kohlenstoffbeschichtung $a\text{-C:H}$ auf einem Untergrund aus

Stahl, Eisen oder einer Legierung davon, beispielsweise auf rostfreiem Stahl oder 100Cr6-Stahl, sollte, gemäß der Erfindung, verfahren werden wie folgt:

- 5 Der Untergrund wird zuerst gereinigt, vorzugsweise im Aufbringreaktor selbst mittels eines Plasma-/Ätzverfahrens.

10 Anschließend wird eine amorphe Silikon-Zwischenschicht a-Si:H mittels einer bekannten Dünnschichttechnik wie etwa Kathodenverdampfung, physikalisches Aufdampfen oder chemisches Aufdampfen, insbesondere plasma-unterstützt, auf dem Untergrund aufgebracht, wonach mittels derselben Dünnschichttechnik, eventuell mit veränderten Verfahrens-
 15 parametern, die diamantartige Kohlenstoffbeschichtung a-C:H aufgebracht wird. Die Zwischenschicht sollte minimal einige Atomschichten dick sein, um eine vollständige Beschichtung des Untergrunds zu erreichen. Da besagte Zwischenschicht selbst keine günstigen
 20 mechanischen Eigenschaften aufweist, wird ihre Dicke am besten auf 50 nm begrenzt, so daß die Silikon-Zwischenschicht normalerweise zwischen 10 und 50 nm dick ist und sich beispielsweise auf 15 nm beläuft.

- 25 Die Kohlenstoffbeschichtung kann rein sein und aus praktisch 100% Kohlenstoff bestehen. Gemäß einer Variante können dieser Kohlenstoffbeschichtung eventuell Elemente metallischer oder nichtmetallischer Natur bis zu einer Atomkonzentration von 50% zugesetzt werden. Eine
 30 solche Zugabe ist Si, wobei die Kohlenstoffbeschichtung mit $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ dargestellt werden kann, wobei x zwischen 0,5 und 1 liegt.

35 Eine Übergangsbeschichtung wird zwischen der Silikon-Zwischenschicht und der Kohlenstoffbeschichtung angebracht, so daß ein gradueller Übergang zwischen der

Silikonphase und der Kohlenstoffphase erreicht wird. Die für die Dünnschichttechnik verwendete Silikonverbindung wird hierbei graduell durch die Kohlenstoffkomponente ersetzt, die anschließend für das Anlagern der
 5 diamantartigen Kohlenstoffbeschichtung verwendet wird.

Diese amorphe Übergangsbeschichtung kann als $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ dargestellt werden, wobei x zwischen 0 und 1 variiert. Als Ergebnis des graduellen Übergangs zwischen der Sili-
 10 konphase und der Kohlenstoffphase über besagte $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ -Übergangsbeschichtung ist die eigentliche gesamte Zwischenbeschichtung, bestehend aus besagter Übergangsbe-
 schichtung und der Silikon-Zwischenschicht, dicker. Dank des graduellen Übergangs können die Druckspannungen in
 15 der Kohlenstoffbeschichtung in Richtung der Kontaktfläche mit dem Untergrund graduell verringert werden, wodurch, überraschenderweise, eine noch bessere Haftung erreicht wird, insbesondere für Kohlenstoffbeschichtungen, die dicker als 2 Mikrometer (Mikron) sind.

20 Die Dicke dieser Übergangsbeschichtung variiert normalerweise zwischen 10 und 100 nm und beträgt beispielsweise 25 nm. Durch Hinzufügen der Übergangsbe-
 schichtung von 25 nm zu einer dünnen Silikon-Zwischen-
 25 schicht von 10 nm wird die kritische Kraft des Kratz-
 tests, für Kohlenstoffbeschichtungen, die dicker als 2 Mikrometer (Mikron) sind, um zumindest 45% in Vergleich zu dem Fall erhöht, wenn nur eine Silikon-Zwischenschicht von 10 nm verwendet wird.

30 Jedenfalls kann die Übergangsbeschichtung $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ sehr dick gemacht werden. Wenn x zwischen 0,6 und 1 variiert, weist besagte Übergangsbeschichtung selbst sehr interessante mechanische Eigenschaften auf, insbesondere
 35 unter Feuchtbedingungen, die viel Ähnlichkeit mit denen von reinen, diamantartigen Kohlenstoffschichten aufweisen

(vgl. J. Meneve et al., "Diamond and Related Materials" 1 (1992) 553-557). Es ist möglich und manchmal vorzuziehen, die Übergangsbeschichtung in ein $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ auskommen zu lassen, wobei $x > 0,6$ ist, und anschließend die reine, dicke Kohlenstoffbeschichtung darüber durch eine dicke, silikonlegierte Kohlenstoffbeschichtung $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ zu ersetzen.

Gemäß einer typischen Ausführungsform wird rf- (radiofrequente) plasma-unterstützte Ablagerung bei einer Temperatur unter 350°C verwendet. Der Untergrund wird auf der rf-Elektrode eines rf-plasma-unterstützten Anlage-
rungsreaktors plaziert, in dem dann ein Vakuum erzeugt wird, bis ein Hintergrunddruck von beispielsweise 10^{-5} mbar erreicht ist. Anschließend werden die Betriebsgase in den Reaktor gelassen, und ein Plasma wird gezündet.

Der Vorgang wird mit einem Plasma-/Ätzvorgang gestartet, beispielsweise einige Minuten lang in einem inerten Gasplasma, um mögliche Verunreinigungen an der Untergrundoberfläche zu entfernen.

Anschließend läßt man die Silikon-Zwischenschicht in einem silikonhaltigen Plasma, beispielsweise Silan, wachsen. Die Ablagerungszeit wird so gewählt, daß eine Silikonbeschichtung der erforderlichen Dicke (beispielsweise 20 nm) auf dem Untergrund abgelagert wird. Der Si-Zwischenstoff wird dann durch einen C-Zwischenstoff, beispielsweise Methan, ersetzt, vorzugsweise graduell und ohne ein Erlöschen des Plasmas, bis der Si-Zwischenstoff völlig verschwunden ist. Die Geschwindigkeit des Ersetzens ist so gewählt, daß die Übergangsbeschichtung $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ die erforderliche Dicke hat (beispielsweise 50 nm). Die harte Kohlenstoffbeschichtung, eventuell mit einem Si-Gehalt, kann dann bis zur erforderlichen Dicke weiterwachsen.

Einfachheitshalber werden all diese Vorgänge unter einem konstanten Druck, einer konstanten rf-Leistung und einem konstanten Gasfluß ausgeführt. Die Prozeßtemperatur hängt ab von der Intensität des Ionenbombardements an der rf-Elektrode. Dieses Ionenbombardement ist das Ergebnis der negativen Ladung der rf-Elektrode (Eigen-Vorspannung) während der Plasmavorgänge. Die Spannung der rf-Elektrode ist normalerweise einige hundert Volt, und die Prozeßtemperatur ist niedriger als 350°C.

Die Erfindung wird weiter verdeutlicht mittels der folgenden Beispiele:

Beispiel 1.

Ein Untergrund von martensitischem Edelstahl wird auf der Kathode eines PACVD-Reaktors plaziert. Ein Vakuum wird in dem Reaktor erzeugt, bis ein typischer Hintergrunddruck von 10^{-5} mbar erreicht ist. Vor dem Anlagern der Beschichtungen auf dem Untergrund wird der Untergrund mittels eines Plasma-/Ätzvorgangs extra gesäubert, wobei ein Ar/H₂ - Plasma (beispielsweise mit einem 1/1-Verhältnis) im Reaktor gezündet wird. Das kann beispielsweise mit den folgenden Verfahrensparametern geschehen: Betriebsdruck 1,5 Pa, Gasfluß $0,017 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (10 sccm), rf-Leistung 90 W, Kathodenspannung 500 V und Zeit 5 Minuten. Anschließend an den Plasma-/Ätzvorgang wird zuerst eine Silikon-Zwischenschicht von 15 nm Dicke aufgebracht, indem besagtes Plasma durch ein SiH₄/H₂-Plasma ersetzt wird, d.h. Silan, dem H₂ als Verdünner zugesetzt ist. Während des Wachstumsprozesses werden der Betriebsdruck, die rf-Leistung und der Gasfluß auf 10 Pa, 100 W und $0,085 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (50 sccm) gehalten.

Anschließend wird eine Kohlenstoffbeschichtung von 2300 nm Dicke auf der Silikon-Zwischenschicht aufgebracht.

Diese Kohlenstoffbeschichtung läßt man wachsen auf Basis des Plasmas, das in Methan, dem H_2 als Verdünner zugesetzt wurde, gezündet wurde. Dieselben Parameter wie oben erwähnt wurden hierbei verwendet.

5

Figur 1 zeigt ein Diagramm mit der Anlagerungszeit auf der x-Achse, die proportional zur Dicke der Beschichtungen ist, und dem Atomanteil von Si (gestrichelte Linie) beziehungsweise von C (durchgezogene Linie) auf der y-Achse.

10

Die Haftung der Beschichtungen wurde mittels eines Kratz-Haftungstests getestet. Die kritische Kraft, bei welcher die Beschichtung entlang der Kratzlinie zu splintern beginnt, betrug $6,8 \pm 0,3$ N (vergleiche Definitionen von Kratz-Haftungs-Versagensmechanismen von P.J. Burnett und D.S. Rickerby, in "Thin Solid Films" 154 (1987) 403-416).

15
20

Beispiel 2.

Das Verfahren von Beispiel 1 wird wiederholt, jedoch wird eine graduelle Übergangsbeschichtung $a-Si_{1-x}C_x:H$ zwischen der Silikon-Zwischenschicht und der Kohlenstoffbeschichtung aufgebracht. Diese Übergangsbeschichtung läßt man auf Basis eines Plasmas wachsen, das in einer Silan-Methan-Gasmischung gezündet wurde, wobei H_2 als Verdünner zugesetzt wurde und wobei die Silanmenge graduell verringert wird und die Methanmenge graduell im selben Maß erhöht wird.

25
30

Während des Wachstumsprozesses der Übergangsbeschichtung werden der Betriebsdruck, der totale Gasfluß und die rf-Leistung konstant auf den Werten gehalten, die während der Bildung der Silikon-Zwischenschicht angewendet wur-

35

den. Das SiH_4 wird graduell durch CH_4 ersetzt, ohne jede Ausdehnung des Plasmas, bis das SiH_4 völlig verschwunden ist, mit einer solchen Geschwindigkeit, daß eine Übergangsbeschichtung von 25 nm erhalten wird.

5

Figur 2 zeigt ein Diagramm mit dem Abstand zum Untergrund in nm und der Anlagerungszeit in Minuten auf der x-Achse und dem Atomanteil von Si (gestrichelte Linie) beziehungsweise von C (durchgezogene Linie) auf der y-Achse.

10

Für diese Kohlenstoffbeschichtung betrug die kritische Kraft im Kratz-Haftungstest $9,8 \pm 0,4$ N, was 45% höher ist im Vergleich zur kritischen Kraft für die gemäß Beispiel 1 aufgebrauchte Kohlenstoffbeschichtung. Dies impliziert, daß, dank der Übergangsschicht $\alpha\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$, unerwarteterweise eine noch bessere Haftung der Kohlenstoffbeschichtung auf dem Untergrund erreicht wurde.

15

Gemäß dem oben beschriebenen Verfahren können haftende, amorphe, diamantartige Kohlenstoffbeschichtungen, die dicker als 2 Mikron sind, sehr leicht auf Untergründen von Stahl, Eisen oder deren Legierungen erhalten werden. Obwohl Stahl und Eisen Karbide bilden, ist die Haftung der Kohlenstoffbeschichtung dank der Silikon-Zwischenschicht bedeutend besser.

20

25

Die so erhaltenen, relativ dicken und stark haftenden Kohlenstoffbeschichtungen bieten einen hervorragenden Widerstand gegen Verschleiß und Korrosion.

30

Die Erfindung ist keineswegs auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt; vielmehr können, innerhalb des Rahmens der folgenden Ansprüche, besagte Ausführungsformen in allen Arten von Varianten gefertigt werden.

35

Insbesondere ist das Verfahren nicht auf das Anbringen einer Kohlenstoffbeschichtung auf martensitischem Stahl beschränkt. Andere Arten von Stahl, Eisen oder deren Legierungen können als Untergrund verwendet werden.

5

Auch die oben erwähnten Verfahrensparameter (Gas-Zwischenstoff, Betriebsdruck, Gasfluß, Radiofrequenz-Leistung, Kathodenspannung usw.) werden nur als Beispiel genannt und können in großem Umfang verändert werden.

10

Statt PACVD können andere Dünnschichttechniken, wie beispielsweise PVD-Zerstäubungstechniken, für das Aufbringen der Beschichtungen verwendet werden.

Ansprüche.

- 1.- Verfahren zum Anbringen einer amorphen,
5 diamantartigen Kohlenstoffbeschichtung, die optionsweise
bis zu maximal 50 Atomprozent metallische oder
nichtmetallische Elemente umfassen kann, auf Stahl, Eisen
oder ihren Legierungen, mittels einer Dünnschichttechnik
10 bei einer Temperatur unter 350°C, dadurch gekennzeichnet,
daß, vor dem Anbringen der Kohlenstoffbeschichtung,
zuerst eine Silikon-Zwischenschicht auf dem Stahl, dem
Eisen oder deren Legierung bei einer Temperatur unter
350°C angebracht wird und darauf mittels einer Dünnschichttechnik bei einer Temperatur unter 350°C eine gra-
15 duelle $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{:H}$ - Übergangsbeschichtung gebildet wird.
- 2.- Verfahren gemäß dem obengenannten Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß eine Silikon-Zwischenschicht aufgebracht wird, die dicker als 10 nm ist.
20
- 3.- Verfahren gemäß einem der obengenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Silikon-Zwischenschicht aufgebracht wird, die dünner als 50 nm ist.
- 25 4.- Verfahren gemäß einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Silikon-Zwischenschicht und die Übergangsbeschichtung mittels plasma-unterstützten Aufdampfens aufgebracht werden.
- 30 5.- Verfahren gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Silikon-Zwischenschicht mittels plasma-unterstützten chemischen Aufdampfens aufgebracht wird, wonach, ohne jedes Erlöschen des Plasmas, ein Silikon-Zwischenstoff in Gasform graduell durch einen Kohlenstoff-
35 Zwischenstoff ersetzt wird, bis die Silikonmenge 0 ist, wonach man die Kohlenstoffbeschichtung bis zur

gewünschten Dicke wachsen läßt.

5 6.- Verfahren gemäß einem der obengenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Übergangsbeschichtung mit einer Dicke zwischen 10 und 100 nm aufgebracht wird.

10 7.- Verfahren gemäß Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Silikon-Zwischenschicht mittels plasma-unterstützten chemischen Aufdampfens aufgebracht wird, wonach, ohne jedes Erlöschen des Plasmas, ein Silikon-Zwischenstoff in Gasform graduell durch einen Kohlenstoff-Zwischenstoff ersetzt wird, bis der Silikonanteil so verringert ist, daß die Zusammensetzung der $a\text{-Si}_{1-x}\text{C}_x\text{H}$ -Beschichtung ausreichend kohlenstoffhaltig
15 ist, wobei x größer als 0,6 ist und kleiner oder gleich 1, wonach die kohlenstoffhaltige Schicht weiter bis zur erforderlichen Dicke wachsen kann.

